©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Kann intravitaler Befall durch Bohrorganismen an fossilen Fischzähnen nachgewiesen werden?

Von A. Bernhauser

(Aus dem Paläontologischen Institut der Universität Wien[1])

Mit 10 Textabbildungen

(Vorgelegt in der Sitzung am 19. März 1956)

I. Problemstellung und Material.

Seit Roux (1887) einen in subfossilen Knochen von *Rhytina gigas* Zimm. auftretenden Bohrorganismus als *Mycelites ossifragus* beschrieb, wurde unsere Kenntnis von einer Gruppe von Thallophyten, welche durch Ausscheidung organischer Säuren charakteristisch geformte Gänge in tierischen Hartsubstanzen ätzt, durch eine große Anzahl von Untersuchungen wesentlich vermehrt. Peyer (1926) teilte erstmalig einen Fall von nahezu sicherem intravitalem Eindringen eines solchen „Bohrorganismus" in die Zähne eines Rochen — wahrscheinlich *Raja clavata* — aus der Nordsee mit. Er bespricht später (1945) Arbeiten von Kiprijanoff (1881) und Bauer (1898), welche das Eindringen von Bohrorganismen durch den Schmelz von Ichthyosaurierzähnen abbilden. Bauer (1898) erkannte bereits die Natur dieser Bohrgänge. Peyer (1945) ist nun der Ansicht, daß es sich in diesen beiden Fällen ebenfalls um Befall intra vitam handeln könnte, schon weil die Organismen nicht den wesentlich leichteren Weg durch „die weniger stark mineralisierte, zahlreiche Hohlräume enthaltende basale Zahnpartie" nahmen.

Er führt weiter aus, daß bei möglicher Unterscheidung intravitalen und postmortalen Befalles „zwei Gruppen von mycelitesartigen Organismen, Parasiten und Saprophyten ..." (S. 541) zu unterscheiden wären, die möglicherweise zu verschiedenen Abteilungen der Pilze gehören könnten.

[1] Diese Arbeit entstand im Paläontologischen Institut der Universität Wien. Für die Anregung sowie die freundliche Unterstützung mit Material und Literatur, auch für die Überlassung eines Arbeitsplatzes, darf ich Herrn Prof. Dr. O. Kühn, weiters für seine freundliche Hilfsbereitschaft Herrn Prof. Dr. A. Papp herzlichst danken.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

W. J. Schmidt (1955) schließlich beschreibt sicher intravitalen Befall von Zähnen beim Seewolf (Anarrhichas lupus). Hier zeigen sowohl Kegel- als auch Pflasterzähne Bohrgänge, welche durch das Durodentin bis in das Trabeculardentin eindringen. Sie weichen den Zahnmarkkanälchen sorgfältig aus. Da außer den Bohrgängen selbst keine Veränderungen im Zahnbein feststellbar sind, ist eine Deutung als Karies ausgeschlossen. Die Form der abgebildeten Kanälchen stimmt mit jener von *Mycelites ossifragus* Roux s. str. überein. Als Befallsweg nimmt Schmidt eine mögliche Infektion durch die Molluskennahrung an. Da die Organismen in der dunklen Mundhöhle lebensfähig sind, nimmt Schmidt an, daß es sich wahrscheinlich um einen Fadenpilz handeln dürfte.

Schmidt erwähnt in derselben Arbeit (1955) zwei weitere Fälle intravitalen Eindringens von Bohrorganismen in Fischzähne. Einen beschreibt Arsuffi (1939) als vermutlich durch Bakterien hervorgerufen, ohne die fraglichen Stellen abzubilden. Dem zweiten liegen Untersuchungen Schmidts an *Lepidosteus* zugrunde, doch enthält sich Schmidt der Entscheidung über den Befallszeitpunkt, da ihm Fangzeitpunkt und weitere Behandlung des Materials nicht bekannt war.

Aufgabe der vorliegenden Untersuchung soll es nun sein, festzustellen, in welchem Umfange bei Bohrgängen in fossilen Fischzähnen auf Befall intra vitam geschlossen werden darf und auch, ob die Häufigkeit eine derartige sei, daß in Schliffserien, welche den Umfang einer normalen Fundortauswertung nicht übersteigen, eine plausible Wahrscheinlichkeitsquote, solche Befallsbilder zu finden, bestünde.

Zu diesem Zweck wurden Zähne aus dem Miozän des Wiener Beckens untersucht. Der größte Teil des untersuchten Materials stammt aus den Beständen des Paläontologischen Institutes der Universität Wien. Von folgenden Formen wurden Dünnschliffe angefertigt:

Untersuchtes Material[2]:	Fundort:
Chrysophris dubia Münster	Loretto
Rochen (?) Kauplattenfragment	Kuenring
Oxyrhina hastalis Agg.	Grund?
Lammna cuspidata Agg.	Mannersdorf, N.-Ö.
Lamna sp.	Ober-Nalb bei Retz
Lamna sp.	Kuenring

[2] Die alten Bestimmungen „Chrysophris . . .", „Lamna cuspidata" und „Oxyrhina hastalis" wurden wegen der einfacheren Übersicht in der Beschreibung kritiklos beibehalten.

Im ganzen wurden 33 Dünnschliffe angefertigt, zum größten Teil mit Methylenblau/Chromsäure ausgefärbt und nach folgenden Gesichtspunkten untersucht: Treten Bohrorganismen auf? — Von wo dringen sie ein? — Wie verteilen sie sich im Zahn?

II. Befallsbilder.

Chrysophris dubia Münster: Die Gattung „*Chrysophris*" verfügt, wie viele Durophage, über ein heterodontes Gebiß. Die vorderen Zähne sind meißel- bis kegelförmig, die hinteren, die eigentliche Brechmühle, mehr oder minder abgeflacht halbkugelig. Es wurden Längs- und Querschliffe durch sämtliche Zahntypen angefertigt.

In einem großen Teil der Zähne waren Bohrgänge vorhanden. Sie beginnen meist an der Basis, manchmal auch am Hals derselben und dringen fast unverzweigt in den Zahnkörper ein. Eigenartig ist dabei ihr Verhalten zum Zahnbein. Die Zähne von *Chrysophris* bestehen nur aus Durodentin, einer harten Kalkmasse, durch welche fast schnurgerade die Dentinröhrchen durchziehen, Pulpahöhlen treten nur bei Kegelzähnen auf. Die Bohrgänge laufen nun entweder gleichsinnig mit den Dentinröhrchen oder roh im rechten Winkel zu diesen. Sie folgen also deutlich den Bahnen, welche ihnen den größtmöglichen mechanischen Vorteil, nämlich den geringsten Widerstand, bieten (Abb. 1).

Erreichen die Bohrgänge — wir wollen vorläufig von „*Mycelites*" sprechen — die äußerste „Pseudoschmelz"-Schicht, so dringen sie meist nicht oder nur wenig in diese ein, sondern biegen seitlich aus. Bei einem Schliff scheinen einige Bohrgänge von außen nach innen in den Zahn einzudringen, doch ist gerade diese Stelle derartig von Mycelitesgängen durchsetzt, daß es nicht möglich ist, den Verlauf der fraglichen Kanäle sicher zu erkennen.

Die Stelle unterschied sich vom Rest der Außenschicht durch ihr „kreidiges" Aussehen. Bei einem zweiten Pflasterzahn, bei welchem die Schliffebene ebenfalls durch eine „kreidige" Stelle gelegt wurde, läßt sich im Gewirr „leerer" Bohrgänge — sie zeigen weder natürliche Ausfärbung durch während der Fossilisation eingelagerte Fe- und Mn-Verbindungen noch haben sie Methylenblau angenommen und sind nur im stark abgedunkelten Gesichtsfeld erkennbar — ein tiefblau gefärbter Gang. Er beginnt mit einem kleinen Grübchen an der Außenfläche — die äußerste Durodentinschicht ist hier fast vollständig zerstört — und dringt, nur wenig gewellt, in gerader Richtung tief in den Zahn ein. Während seines erkennbaren Verlaufes zweigen zwei Seitenäste unter weitem Winkel (ungefähr 80°) ab (Abb. 2).

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Abb. 1.

Abb. 2.

Abb. 1. *Mycelites* im Durodentin eines Pflasterzahnes vom Typ *„Chrysophris“* Die Bohrgänge laufen vorwiegend gleichsinnig oder quer zu den Dentinröhrchen. 1 : 230.

Abb. 2. *„Chrysophris“*, Pflasterzahn. Durch die stark zersetzte Außenschicht dringt ein Bohrgang von Mycelites ins Durodentin ein. Scheinbare Unterbrechungen sind durch Ausschwingen des Ganges aus der Schliffebene bedingt. Etwas überzeichnet. 1 : 230.

Die Kegelzähne zeigen zum Großteil ebenfalls Mycelitesbefall von der Basis her. Auch hier richtet sich der Verlauf der Bohrkanälchen nach der Dentinstruktur. Da die Dentinröhrchen bei diesen Zähnen radiär von der Pulpahöhle ausgehen, ist die Hauptrichtung der Bohrgänge in nahezu rechtem Winkel zur Oberfläche. Sie dringen auch nicht durch die Basisfläche, sondern größtenteils durch die hier nicht mehr durch eine harte Außenschicht geschützten Seitenwände in das Zahnbein ein.

So auch bei einem Zahn, welchen wir jetzt ausführlicher besprechen wollen. Labial finden wir eine Myceliteskolonie in der Ligamentgrube des Zahn-„halses“. Lingual ist eine Kolonie direkt an der Basis des Zahnes, einige weitere Bohrgänge finden wir in der Ligamentgrube, eine dritte Befallszone schließlich am unteren Rand der harten Dentinkappe.

Eine Gruppe Mycelitesfäden dringt an dieser Stelle von der „kreidigen“ Außenwand in das Durodentin ein, und hier sehen wir etwas eigentümliches: Zu beiden Seiten der Befallszone ziehen sich schwach wellige, durch Mineralsalze während der Fossilisation braun gefärbte Linien durchs Zahnbein, die undeutlich beginnen und enden, in ihrem Hauptverlauf aber scharf ausgeprägt sind. Sie erwecken den Eindruck von Resorptionslinien. Gegen die Befallstelle liegt dann ein dünnes Band fast strukturloser Zahnsubstanz, welche das Methylenblau zum Unterschied vom „gesunden“ Zahnbein aufgenommen und festgehalten hat. Der Hauptteil der Befallszone wird dann wieder von normal aussehendem Durodentin gebildet (Abb. 3). Das ganze Bild deutet eine Reaktion des Zahnbeins gegen die eindringenden Mycelites-

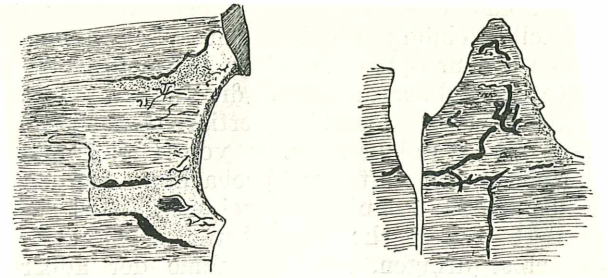

Abb. 3. Abb. 4.

Abb. 3. „*Chrysophris*", Kegelzahn. Knapp unter dem Ansatz der harten Außenschicht (Vitrodentin?) dringen Mycelitesfäden ein. Die scharfen schwarzen Linien dürften Resorptionslinien im Zahnbein sein, die grauen Streifen sind strukturell verändertes (demineralisiertes?) Durodentin. Bei 1 : 100 aus vier Gesichtsfeldern kombiniert.

Abb. 4. Derselbe Zahn, *Mycelites* in der Kronenspitze aus der Abkauung eindringend. 1 : 230.

fäden an. Also eine pathologische Bildung. Daß Schmidt (1955) diese Erscheinung bei *Anarrhichas lupus* nicht beobachten konnte, dürfte auf die allgemeine Seltenheit einer derartigen Reaktion im physiologisch sehr trägen Zahnbein zurückzuführen sein. Die Erscheinung ist auch in der vorliegenden Schliffserie ein Einzelfall.

Die Spitze des Zahnes ist abgekaut, und auch hier dringen Mycelitesfäden in den Zahn ein. Sie müssen hier in rechtem Winkel zu den Dentinröhrchen einwachsen. Ein großer Teil der Mycelitesgänge biegt aber bald im rechten Winkel[3] ab und läuft nach der „einfacheren" Richtung parallel zu den Dentinröhrchen weiter. Eine deutliche „Resorptionslinie" fehlt hier, doch sind gewisse Veränderungen des Zahnbeines in der Schicht unmittelbar basal des befallenen Kronenteiles durch Annahme von Farbstoff angedeutet, die Dentinröhrchen in dieser Zone sind aber noch fast unverändert erhalten (Abb. 4).

Der Befall durch *Mycelites* erfolgt an dieser Zahnspitze sowohl von der „Kaumarke" als auch von der durch die Abkauung geöffneten Spitze der Pulpahöhle aus und ist in der lingualen Hälfte der Spitze wesentlich intensiver als in der labialen (Abb. 5).

[3] Die Ausdrücke „rechter Winkel" und „parallel" sind hier und weiterhin, sofern nicht ausdrücklich anders festgestellt wird, nicht im mathematischen Sinne, sondern nur als annähernde Richtungsbezeichnungen zu verstehen.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Die Pulpahöhle des Zahnes bildet in den unteren zwei Dritteln der Höhe desselben einen parallel zu den Außenwänden laufenden Kegel, der sich bis zur Spitze als feiner Faden fortsetzt. Ungefähr von der Mitte des Zahnes an zeigen die Pulpawände anhaftende braune, klumpige Krusten, welche in tertiären Knochen aus Meeresablagerungen als Wandauskleidung von Gefäßkanälchen und sonstigen Hohlräumen oftmals beobachtet werden können. J. Schaffer (1889) konnte nachweisen, daß es sich hier um stark veränderte organische Restsubstanzen handelt. Von der Pulpahöhle selbst dringen, mit Ausnahme der äußersten, aufgekauten Spitze, keine Mycelitesfäden in das Zahnbein ein.

Rochen (?): Es wurde ein Kauplattenfragment längs, quer und schräg geschliffen und gefärbt. Die Kauplatte besteht aus relativ weichem Osteodentin, das von zahlreichen Zahnmarkkanälchen und dichten Büscheln weitlumiger, verzweigter Dentinröhrchen sowie zahlreichen Faserbündeln durchzogen wird.

Bohrgänge von *Mycelites* treten über die ganze Oberfläche des Stückes, vereinzelt auch von Zahnmarkkanälchen ausgehend, auf. In Basis und Seitenwände dringt ein ziemlich gleichmäßiger „Mycelitesrasen" ein. Von der Kaufläche werden vorwiegend die am stärksten abgenützten Rippensättel, weniger die Täler und fast gar nicht die Seitenflächen der Kaurippen befallen.

Von einer schmalen Zone engverknäuelter Gänge ausgehend, dringen eine Anzahl verschieden stark geschwungener, wenig intensiv verzweigter Bohrgänge in das Zahnbein ein. Eine bevorzugte Bohrrichtung in bezug auf die Struktur des Zahnbeins ist nicht erkennbar. Es läßt sich aber beobachten, daß zwei Bohrgänge über längere Strecken knapp nebeneinander oder (zur Blickebene) übereinander laufen (Abb. 6). Die Erscheinung ist wohl so zu erklären, daß die Wachstumsspitze des folgenden das bereits durch die Säureausscheidung des vorangegangenen Fadens zermürbte Substrat bevorzugt. Wahrscheinlich wird dadurch ein rascheres und, auf die Lebenszeit bezogen, tieferes Eindringen in das Substrat ermöglicht. Vielleicht sind auch Stoffwechselvorteile für den Einzelorganismus damit verbunden.

In der Befallszone und in ihrer unmittelbaren Umgebung ist die Dentinstruktur fast vollständig verschwunden, doch sind darüber hinaus keinerlei Veränderungen im Zahnbein feststellbar.

Oxyrhina hastalis Agg.: Die im Zahnbein auftretenden Mycelitesfäden haben alle in Zahnmarkkanälchen ihren Ursprung. Der Befall ist nicht sehr intensiv. In der Regel bilden kleine Gruppen von langgestreckten, mäßig gewellten und sparsam dichotom ver-

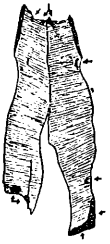

Abb. 5.

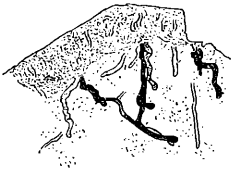

Abb. 6.

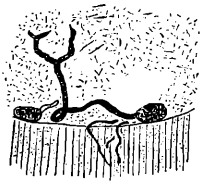

Abb. 7.

Abb. 5. Derselbe Zahn. Gesamtansicht des Längsschliffes. Myceliteskolonien schwarz angelegt und durch Pfeile gekennzeichnet. 1 : 10.

Abb. 6. Rochen (?) Kauplattenfragment, Joch. Aus einer fast vollständig zerstörten „Rindenschicht" dringt *Mycelites* ins Orthodentin. Vielfaches Nebeneinanderlaufen ist zu beobachten. Der von links kommende Gang läuft unter dem abgeknickten weiter. 1 : 230.

Abb. 7. „*Oxyrhina hastalis* Agg." Zahn quer. Aus einem Zahnmarkkanälchen kommend, stößt ein Bohrgang von *Mycelites* an die Vitrodentinschicht und biegt mit einer Schleife ins Zahninnere. Einige, deutlich enger im Lumen, dringen ins Vitrodentin ein. 1 : 230.

zweigten Kanälchen kleine Kolonien. Sie durchsetzen das Osteodentin nach allen Richtungen.

Wenn sie aber an die den größten Teil des Zahnes umhüllende Vitrodentinkappe stoßen, so dringen sie nur selten in diese ein. Meist biegen sie ins Osteodentin zurück. Dabei können Schlingen entstehen (Abb. 7), die aber nicht als „Schnallenbildungen" gedeutet werden dürfen.

Die wenigen von innen nach außen in das Vitrodentin eindringenden Bohrgänge sind etwas bis deutlich enger im Lumen als jene im Zahninneren. Sie zeigen die Neigung, gleichsinnig mit den Zahnbeinröhrchen weiterzuwachsen, doch ist die Strukturgebundenheit hier nicht so deutlich wie bei *Chrysophris*. Die Bohrkanälchen im Ortho- und Osteodentin lassen in ihrem Verlauf keine Orientierung nach der Struktur des Zahnbeins erkennen.

Auch an den Stellen, wo sehr individuenreiche Myceliteskolonien im Zahnbein auftreten, kommt es zu keinen engen Verknäuelungen. Die Bohrgänge bleiben ziemlich geradegestreckt, und ihre Verzweigungen sind nicht sehr zahlreich.

Die Präparate von *Lamna cuspidata* Agg. und *Lamna* sp. (Ober-Nalb) zeigen praktisch dieselbe Erscheinungsform und dasselbe Strukturverhalten der in ihnen auftretenden Mycelites-

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

kolonien, so daß sich eine eingehende Besprechung dieser Schliffe erübrigt.

Lamna sp. (Kuenring): Im Längsschliff eines Zahnes finden wir zahlreiche größere und kleinere Kolonien von *Mycelites* im Zahnbein. Rasenartig wuchern Gruppen von Bohrorganismen durch die Zahnbasis ein, vielfach dringen sie aber von den Zahnmarkkanälchen ins Osteodentin (Abb. 8). Auch hier besteht die Neigung, die Bohrkanälchen schwach gewellt und langgestreckt anzulegen. Doch scheint größere Individuendichte zunehmende Verknäuelung zu begünstigen. Dabei könnten chemotaktische Einflüsse eine größere Rolle spielen, wahrscheinlich genügt aber der Konkurrenzkampf um die beschränkt zur Verfügung stehende „bohrbare" Substanz, welcher die Individuen zu größtmöglicher Raumausnützung zwingt.

Eine derartige Kolonie findet sich in diesem Schliff am „Zahnhals" an der Außenseite des rechten Nebenzähnchens, knapp basal von der Vitrodentinkappe.

Ein weiterer, langgestreckter Mycelitesfaden zieht sich in flachem Bogen an der Grenze zwischen Ortho- und Vitrodentin. An der Stelle, wo der Bohrgang an das Vitrodentin stößt, zweigt ein kurzer, rückläufiger Gang ab. Der Hauptfaden läuft ein Stück gerade an der Basis der Vitrodentinschicht entlang, macht dann eine halbe S-Kurve und bleibt in der Vitrodentinschicht „stecken". Knapp vor seinem Ende zweigt ein neuer Ast ab. Aus diesem entspringt, ungefähr in der Hälfte seiner Länge, ein wieder Verzweigungstendenz zeigender Nebenast gegen das Zahninnere. Schließlich gabelt sich der Hauptast und biegt in das Orthodentin zurück (Abb. 9). Die Verlaufsrichtung könnte, da die Ausgangsstelle nicht mehr erkennbar ist, auch umgekehrt sein, doch ist dies nach der Wachstumsform unwahrscheinlich.

Weitere Zähne zeigen im allgemeinen dasselbe Befallsbild. *Mycelites* dringt in das Osteodentin der Zahnbasis und durch die Zahnmarkkanälchen ein. In letzterem Fall zeigt es bei einigen Schliffen eine Vorliebe für die Zahnspitze, oft sehr nahe der Vitrodentinschicht.

Sehr interessant ist ein Befallsbild aus einem Zahnquerschnitt. Hier dringt ein Mycelitesfaden von einer kleinen, oberflächlichen Absplitterung aus von außen nach innen fast schnurgerade, parallel zu den Zahnbeinkanälchen durch das Vitrodentin in das Zahnbein ein. Unmittelbar nach Durchstoßung der sehr harten Vitrodentinschicht — die ja dem Zahnschmelz vieler Wirbeltiere entspricht (Romer 1946) — bildet sich dann ein dichter Knäuel, aus welchem eine Gruppe von Mycelitesfäden in das Orthodentin

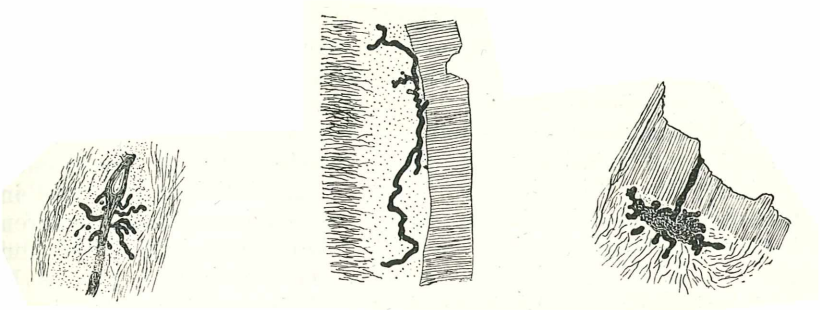

Abb. 8. Abb. 9. Abb. 10.

Abb. 8. *Lamna* sp. Aus einem Zahnmarkkanälchen wuchern Mycelitesfäden ins Zahnbein ein. 1 : 230.

Abb. 9. *Lamna* sp. Verlauf eines Mycelitesfadens an der Grenze Orthodentin—Vitrodentin. — 1½ Gesichtsfelder, mehrere Tiefeneinstellungen. 1 : 230.

Abb. 10. *Lamna* sp. Ein Mycelitesfaden dringt durchs Vitrodentin in den Zahn ein und knäuelt sich auf. Aus dem Knäuel entspringen eine Anzahl neuer Fäden. 1 : 230.

einwachsen (Abb. 10). Einzelne von diesen berühren wieder die Basis der Vitrodentinschicht, dringen aber nicht in diese ein, sondern biegen, wie schon öfters beschrieben wurde, aus.

III. Ergebnisse.

Vergleichen wir die besprochenen Befallsbilder, so können wir feststellen, daß *Mycelites* in den weitaus meisten Fällen durch die Basis der befallenen Zähne eindringt. Zum Teil direkt, zum Teil wandern scheinbar die Sporen in den Zahnmarkkanälchen gegen die Zahnspitze und bohren sich von dort aus in das Osteodentin ein.

Zum Verhalten dieser Organismen muß noch festgestellt werden, daß sie weicheres Substrat (Osteodentin, Orthodentin) bevorzugen. Im härteren Durodentin („*Chrysophris*") zeigen sie eine ausgeprägt strukturabhängige Orientierungsneigung. Dem schmelzartigen Vitrodentin weichen sie nach Möglichkeit aus. Wo sie eindringen, richten sie sich in Gangverlauf und Verzweigungsform wieder nach der Struktur des Substrates. Außerdem weisen sie in härterem Substrat meist engere Lumina auf als im relativ weichen.

Es verdient noch festgehalten zu werden, daß die Bohrgänge zwar oft in Gruppen, nebeneinander, oder sogar eng verknäuelt auftreten können, doch bleibt immer um die einzelnen Bohrgänge

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

etwas Dentin stehen. Verschmelzen von Bohrgängen oder „Schnallenbildung" konnten nicht beobachtet werden.

Peyer (1945) möchte das Eindringen von *Mycelites* durch die sehr harte Schmelz- oder Vitrodentinschicht als Kriterium für Befall, welcher sehr wahrscheinlich intra vitam erfolgte, ansehen. Dies wäre nur möglich, wenn die Sporen in der Lage wären, sich die Stelle ihres Eindringens auszusuchen. Nachdem nun alle in Frage kommenden Thallophyten über bewegliche Schwärmsporen (Zoosporen) verfügen, läßt sich die Annahme einer möglichen Substratwahl nicht unbedingt von der Hand weisen.

Vergleichen wir die beobachteten Fälle, wo *Mycelites* durch die Zahnkrone eindringt, so können wir feststellen, daß in zwei Fällen Kaumarken („*Chrysophris*"), in einem aber (*Lamna*) eine kleine Aussplitterung der Außenschicht den Befallspunkt kennzeichnen. Alle drei Stellen weisen also Unebenheiten auf, die das Ansetzen und Auskeimen der Sporen erleichtern. Die beiden ersten entstanden sicher, der dritte wahrscheinlich zu Lebzeiten ihrer Träger. So läßt sich unter Berücksichtigung der in den beschriebenen Schliffen vielfach festgestellten Abneigung der Organismen gegen die sehr harte Außenschicht der Zähne ein Befall intra vitam nach dem bei *Anarrhichas lupus* und *Raja clavata* beschriebenen Modus durchaus annehmen.

Eine weitere Möglichkeit intravitalen Befalles bietet der Zahn-„Hals". Bei dem oben ausführlich besprochenen Kegelzahn von „*Chrysophris*" (Abb. 3), ist das z. B. der Fall. Die beschriebenen Veränderungen im Zahnbein lassen sich sogar als eine Reaktion desselben gegen den eindringenden Mycelites deuten. Das ist bei der hohen physiologischen Trägheit des Durodentins zweifellos eine Ausnahmeerscheinung. Trotz der Reaktion des Dentins darf aber hier keinesfalls von Karies gesprochen werden.

Die Anordnung der Befallsstellen an diesem Zahn ist überhaupt sehr aufschlußreich (Abb. 5). Während er noch in Funktion stand, drangen Mycelitesfäden durch die Kaumarke und in den Halsteil ein. — Wie sie dort unter das Zahnfleisch gelangten, muß wohl offen bleiben. — Nach Ausfall des Zahnes, dessen tiefe Abkauung auf normalen Wechsel schließen läßt, lag der Zahn eine Zeit frei am Meeresboden. Nun drangen weitere Myceliteskolonien in Basis und Zahn-„hals" ein. Die Einsedimentation erfolgte rasch. Jedenfalls bevor die Pulpahöhle vollständig ausmazeriert war. Dafür spricht das Fehlen von durch die Pulpahöhle in den Zahn eindringenden Mycelitesfäden, wie es bei einigen Querschliffen zu beobachten war, mehr aber noch das Auftreten organischer Restsubstanzen. Demnach würde *Mycelites* nur als Epiphyt die Zähne

bewohnen, und diese Annahme würde auch verständlich machen, warum *Mycelites* den Zahnmarkkanälchen, wie es Schmidt (1955) beschreibt, deutlich ausweicht.

Bei den übrigen Zähnen von *Chrysophris* und den meisten Haien geht der Befall von der Basis und der Pulpahöhle respektive den Zahnmarkkanälchen aus. Hier müssen wir postfunktionellen Befall[4] annehmen.

Die Befallszeit bei dem Kauplattenfragment aus Kuenring läßt sich nicht sicher feststellen. Wohl deutet die Verteilung der Myceliteskolonien auf der Kaufläche intravitalen Befall an, doch die zahlreichen postfunktionell entstandenen Bohrgänge an Seitenflächen und Basis verbieten es, hier bindend zu entscheiden. Dazu müßte das Befallsbild wesentlich klarer sein.

IV. Systematische Stellung von Mycelites.

Zweifellos handelt es sich bei *Mycelites* um einen Thallophyten. Die von Peyer (1945) erwähnte Möglichkeit, daß je nach dem Befallszeitpunkte zwei Gruppen, Saprophyten und Parasiten unterschieden werden könnten, läßt sich nicht untermauern, da bei einzelnen der untersuchten Zähne zwar beide Befallszeitpunkte, intravital und postfunktionell erschlossen, aber nur eine Form von Bohrorganismen beobachtet werden kann. Zieht man nun noch den Einfluß der Struktur des Substrates auf die Form der Bohrgänge in Betracht, so muß man annehmen, daß nur eine Art in allen befallenen Zähnen auftritt. Sie stimmt mit der aus Knochen beschriebenen Form überein und muß daher als *Mycelites ossifragus* Roux s. str. bezeichnet werden. Wie der Verfasser (1955) bereits in einer früheren Arbeit ausführte, muß die Artbezeichnung *Gomontia polyrhiza* Born. & Flah. als Synonym von *Mycelites ossifragus* Roux s. str. gewertet werden.

Roux (1887), Peyer (1945) und Schmidt (1955) vertreten die Ansicht, daß *Mycelites* zu den Fadenpilzen zu stellen wäre. Wetzel (1938) untersuchte das Auftreten von Bohrorganismen in Molluskenschalen. Er konnte zwei ökologische Gruppen unterscheiden, von welchen er eine zu den Grünalgen, die zweite zu den Blaualgen oder Pilzen stellte; beide Möglich-

[4] Der Ausdruck „postfunktionell", für dessen Vorschlag ich Herrn Prof. Dr. A. Papp herzlich danken möchte, wurde mit Absicht an Stelle des geläufigen „post mortem" gewählt, da ja die einzelnen Zähne bei den meisten Fischgruppen relativ rasch gewechselt werden. Nun bezieht sich der Ausdruck „post mortem" als Begriff in üblicher Verwendung immer auf das Gesamtindividuum, und so wäre in diesem Falle die Verwendung desselben unzutreffend.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

keiten sind bei dieser Typengruppe offen. *Gomontia polyrhiza* konnte er nicht nachweisen. Als wesentliches Kriterium dienten Wetzel die Licht- und Wasserverhältnisse am Standort der Wirte.

Nun konnten wir feststellen, daß *Mycelites* nicht nur durch die Oberfläche der Zähne, sondern mit Vorliebe durch die Zahnmarkkanälchen, bei Knochen durch die Haverschen Kanälchen (Peyer 1945, Bernhauser 1955) eindringen; daher ist eine Verbreitung durch Schwärmsporen (Zoosporen) wohl annehmbar.

Nach Wettstein (1901) treten Zoosporen unter den Pilzen bei den *Phycomyces* auf (S. 106 ff.). Die Ordnung käme also dieser Anforderung nach. Es ist aber zu überlegen, warum *Mycelites* in der Regel erst nach der Mazeration in die Befallsobjekte eindringt und dabei den organischen Restsubstanzen scheinbar noch ausweicht. Das ganze Verhalten erweckt den Eindruck eines Wohnungsschmarotzers, also eines Epiphyten.

So erscheint die Pilznatur von *Mycelites* fraglich. Chlorophycaeen oder Schizophycaeen (Grün- oder Blaualgen) dagegen hätten aus der chemischen Auflösung des Kalziumphosphates deutliche physiologische Vorteile. Außer Kalzium und Phosphorionen dürften ja noch für die Pflanzen mehr wie ausreichende Mengen von Kohlendioxyd und Sauerstoff anfallen (siehe auch Bernhauser 1953).

Der lebensnotwendige Lichtbedarf der niederen Algen dürfte zum Teil sehr gering sein. So konnte der Verfasser Grünalgen in den Hohlräumen eines frei am Waldboden liegend gefundenen Humerusfragmentes von *Capreolus* feststellen. Nach der Lage des Stückes hatte das den Algen zur Verfügung stehende Licht für einen Teil derselben bis zu einem Zentimeter verschmutzter Knochensubstanz zu durchdringen, konnte also auf keinen Fall mehr sehr reichlich sein. Trotzdem waren die Hohlräume (Spongiosahöhlchen, Haverssche Kanälchen) des feuchtliegenden Stückes vollgepfropft mit — nicht bohrenden — Kugelalgen (Bernhauser 1953).

Analog können wir auch *Mycelites* an seinem Lebensraum genügend Licht für seine Assimilisation zugestehen. In diesem Zusammenhang läßt sich auch die „Vorliebe" von *Mycelites* für die Spitzen der Haizähne verstehen. Das strukturarme, dichte Vitrodentin absorbiert sehr wahrscheinlich viel weniger Licht als selbst relativ dünne Schichten des von viel mehr Hohlräumen und organischen Restsubstanzen erfüllte Ortho- und Osteodentin, welches außerdem noch ein optisch ungünstigeres Kristallgefüge der Erdalkaliphosphate aufweisen dürfte.

V. Zusammenfassung.

Eine Serie von Fischzähnen wurden auf Art und Umfang in ihnen auftretender Bohrorganisationen untersucht. Auf Zahnindividuen reduziert, waren 85% befallen; bei 9% wurde auf Befall intra vitam geschlossen. Als Kriterien für letzteren wurden — mit der Einschränkung, daß die unterstellten Zoosporen des Thallophyten in der Lage wären, die präsumptive Befallsstelle zumindest in beschränktem Maße zu wählen — Eindringen durch die harte, schmelzähnliche Vitrodentinschicht des Zahnes und das nur in einem Falle bei „*Chrysophris*" beobachtete Reagieren des Zahnbeines (hier Durodentin) angesehen.

Es konnte gezeigt werden, daß die Bohrgänge in ihrer Form von der Struktur des Substrates beeinflußt werden. Alle beobachteten Variationen wurden daher als *Mycelites ossifragus* Roux s. str. angesprochen.

Weiters wurde ausgeführt, daß *Mycelites* nach seinem Verhalten im Substrat wahrscheinlich kein Pilz, sondern eine Alge, wahrscheinlich sogar eine Chlorophycaee sei.

Intravitaler Befall von Fischzähnen durch diese Alge dürfte als wenn auch nicht außerordentlich seltenes Ausnahmeauftreten der Alge aufzufassen sein, welche normal mazeriert am Meeresboden liegende Zähne und Knochen oft sehr dicht besiedelt. Immerhin kann unter günstigen Umständen aus einer Schliffserie von etwa 20 fossilen Zähnen schon mit einem Fall gerechnet werden.

Die Infektion dürfte wahrscheinlich durch Schwärmsporen aus dem Atemwasser erfolgen. Infektion durch Molluskennahrung ist unwahrscheinlich, da *Mycelites* (Syn.: *Gomontia polyrhiza* Born. & Flah.) scheinbar in Molluskenschalen nicht auftritt (siehe auch Wetzel 1938).

Der Befall von Fischzähnen intra vitam durch *Mycelites* dürfte für die betroffenen Tiere auf Grund des bei Fischen meist relativ raschen Zahnwechsels bedeutungslos sein.

Literaturverzeichnis.

Arsuffi, E., 1939: Beiträge zur Histologie und Histogenese der Zähne (Untersuchungen am Gebiß der Labridae, Sparidae und Gymnotes). — Z. Zellforschung, **29**.

Bauer, F., 1898: Die Ichthyosaurier des oberen weißen Jura. — Palaeontogr., **44**.

Bernhauser, A., 1953: Über Mycelites ossifragus Roux; Auftreten und Formen im Tertiär des Wiener Beckens. — Sitz.-Ber. Österr. Akad. Wiss., math.-nat. Kl., Abt. I, **162**.

— 1955: Zur Kenntnis der Retzer Sande. — Ibid., **164**.

©Akademie d. Wissenschaften Wien; download unter www.biologiezentrum.at

Kiprijanoff, W., 1881: Studien über fossile Reptilien Rußlands. I. Teil, Gattung Ichthyosaurus König aus dem severischen Sandstein oder Osteolith der Kreidegruppe. — Mem. Ac. Sci. St. Petersburg, (7), **28**, No. 8.

Peyer, B., 1936: Über einen Fall von Karies an einem Rochengebiß. — Verh. Schw. Naturf. Ges. II, Freiburg.

— 1945: Über Algen und Pilze in tierischen Hartsubstanzen. — Arch. J. Klausstiftg., Erg. Bd. **20**.

Romer, A. S., 1946: Vertebratae Palaeontology. — Chikago.

Roux, W., 1887: Über eine in Knochen lebende Gruppe von Fadenpilzen. — Z. wiss. Zool., **45**.

Schaffer, J., 1889: Über den feineren Bau fossiler Knochen. — Sitz.-Ber. k. Akad. Wiss., math.-nat. Kl., Abt. III, **48**.

Schmidt, W. J., 1955: Bohrkanäle pflanzlichen Ursprunges im Zahnbein lebender Fische. — Natur und Land, **85**/2.

Wettstein, R. v., 1901: Handbuch der systematischen Botanik. I. Bd., Leipzig & Wien.

Wetzel, W., 1939: Die Schalenzerstörung durch Mikroorganismen, Erscheinungsform, Verbreitung und geologische Bedeutung in Gegenwart und Vergangenheit. — Kieler Meeresforschungen, **2**.